

⑬ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑪ **DE 3620614 A1**

⑤① Int. Cl. 4:
H04B 15/00
H 03 H 21/00
F 04 D 27/02
G 05 B 13/02

⑳ Aktenzeichen: P 36 20 614.8
㉑ Anmeldetag: 20. 6. 86
㉒ Offenlegungstag: 23. 12. 87

DE 3620614 A1

㉑ **Anmelder:**

MAN Gutehoffnungshütte GmbH, 4200 Oberhausen,
DE

㉒ **Vertreter:**

Delfs, K., Dipl.-Ing., 2000 Hamburg; Moll, W.,
Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., 8000 München; Mengdehl, U.,
Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Niebuhr, H., Dipl.-Phys.
Dr.phil.habil., 2000 Hamburg; Glawe, U., Dipl.-Phys.
Dr.rer.nat., Pat.-Anw., 8000 München

㉓ **Erfinder:**

Blotenberg, Wilfried, 4220 Dinslaken, DE

⑤⑤ **Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht zu ziehende Druckschriften:**

DE-PS 28 33 590
DE-PS 22 19 899
DE-OS 34 10 792
DE-OS 33 02 727
DE-OS 29 43 156
DE-OS 27 35 642

DE-Z: Elektronik 1985, H.13, S.99-101;
DE-Z: Technisches Messen 1982, H.4, S.127-135;
DE-Z: Regeltechnische Praxis, 22.Jg., 1980, H.11,
S.392-395;

⑤④ **Verfahren zum Filtern eines verrauschten Signals**

DE 3620614 A1

1. Verfahren zum Filtern je eines mit Rauschen oder Schwankungen behafteten Eingangssignals für einen Regler, insbesondere einen Pumpgrenzregler für Turboverdichter, dadurch gekennzeichnet, daß das Eingangssignal für den Regler vor der Zuführung zum Regler einem Filter zugeführt wird, dessen Zeitkonstante in der einen Richtung (ab- bzw. zunehmende Signalamplitude), insbesondere zur Pumpgrenze hin, klein und in der anderen Richtung (zu- bzw. abnehmende Signalamplitude), insbesondere von der Pumpgrenze weg, groß ist. 5
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Eingangssignal (X_1) für den Regler vor der Zuführung zum Regler gefiltert wird, daß das gefilterte Signal (X_2) mit dem ungefilterten Signal (X_1) verglichen wird, und daß die Zeitkonstante des Filters (1) in Abhängigkeit von der Größe und dem Vorzeichen der Differenz zwischen gefiltertem und ungefiltertem Signal eingestellt wird. 10
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Zeitkonstante (T_F) beim einseitigen Überschreiten einer Schaltschwelle (X_S) in einer Grenzwertstufe (2) auf einen festvorgeählten Wert reduziert wird, gegebenenfalls auf Null. 15
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Zeitkonstante (T_F) unmittelbar oder um eine Hystereseschwelle versetzt nach dem Unterschreiten der Schaltschwelle (X_S) wieder auf die ursprüngliche Zeitkonstante eingestellt wird. 20
5. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Zeitkonstante (T_F) abhängig von der Größe der Differenz zwischen gefiltertem und ungefiltertem Signal so eingestellt wird, daß bei größerer Differenz die Zeitkonstante kürzer ist. 25
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Einstellung der Zeitkonstante (T_F) nicht-linear von der Differenz zwischen gefiltertem und ungefiltertem Signal abhängt. 30
7. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die unterschiedlichen Zeitkonstanten nur im instationären Zustand wirksam sind. 35
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß in unterschiedlicher Richtung der Signaländerung (ab- bzw. zunehmend) die Zeitkonstante in unterschiedlicher Abhängigkeit von der Differenz zwischen gefiltertem und ungefiltertem Signal eingestellt wird. 40
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß in unterschiedlicher Richtung der Signaländerung (ab- bzw. zunehmend) die Zeitkonstante in der gleichen Abhängigkeit von der Differenz zwischen gefiltertem und ungefiltertem Signal aber mit unterschiedlichen Parametern eingestellt wird. 45
10. Verfahren nach Anspruch 1—9, dadurch gekennzeichnet, daß die variable Zeitkonstante nur in eine der Richtungen der Signaländerung, insbesondere zur Pumpgrenze hin, wirksam ist, und in der anderen Richtung ein Filter mit fester Zeitkonstante wirkt. 50
11. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Zeitkonstante nur in eine der Richtungen der Signaländerung, insbesondere von der Pumpgrenze weg, wirksam ist, und in der anderen Richtung keine Verzögerung wirksam ist. 55

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß in beiden Richtungen eine endliche einstellbare Zeitkonstante wirksam ist.
13. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Eingangssignal für den Regler vor der Zuführung zum Regler einem Filter zugeführt wird, dessen Ausgangssignal den aktuellen maximalen bzw. minimalen Spitzenwert des Eingangssignals repräsentiert, daß die mittlere Rauschamplitude im Eingangssignal ermittelt wird, und daß die mittlere Rauschamplitude zum Ausgangssignal des Filters hinzuaddiert bzw. davon abgezogen wird.
14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die mittlere Rauschamplitude ermittelt wird durch einen Filter (1), der das Eingangssignal filtert, das gefilterte mit dem ungefilterten Signal vergleicht und aus der Differenz die mittlere Rauschamplitude ermittelt.
15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Filter zum Ermitteln des Augenblickswertes und der Filter zum Ermitteln der mittleren Rauschamplitude unterschiedliche Zeitkonstanten haben.
16. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die mittlere Rauschamplitude ermittelt wird durch eine Rechenschaltung, die die maximalen und minimalen Spitzenwerte des Signals innerhalb einer fest vorgegebenen Zeitperiode speichert und aus dem höchsten Maximalwert und dem kleinsten Minimalwert innerhalb dieser Zeitperiode die Differenz bildet und durch zwei dividiert.
17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Länge der Zeitperiode variabel gestaltet ist.
18. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die mittlere Rauschamplitude durch zwei asymmetrische Filter (5, 6) ermittelt wird, die in einer Richtung eine wirksame Zeitkonstante, in der anderen Richtung keine Zeitkonstante haben.
19. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß der Filter (5) steigende Signale verzögert, sinkende unverzögert durchläßt, so daß sein Ausgang stets in der Nähe des minimalen Spitzenwertes liegt, während Filter (6) steigende Signale unverzögert und sinkende Signale verzögert passieren läßt, so daß sein Ausgang stets in der Nähe des maximalen Spitzenwertes liegt, und daß aus der Differenz dieser beiden Werte die doppelte mittlere Rauschamplitude ermittelt wird.
20. Verfahren nach Anspruch 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Zeitkonstante der asymmetrischen Filter (5, 6) variabel gestaltet ist.
21. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die mittlere Rauschamplitude bei Inbetriebnahme des Reglers einmalig ermittelt und dann auf den ermittelten Wert eingestellt wird.
22. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß die mittlere Rauschamplitude periodisch wiederkehrend ermittelt wird und dann auf den ermittelten Wert eingestellt wird.
23. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß die mittlere Rauschamplitude kontinuierlich ermittelt wird.
24. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß die mittlere Rauschamplitude immer bei Änderung eines Prozeßparameters, z. B. Durchfluß, Druck, Regeldifferenz des Pumpreglers, Drehzahl, Leitschaukelstellung, Lei-

stung, Reglerausgang irgendeines beteiligten Reglers usw. ermittelt und dann auf den ermittelten Wert eingestellt wird.

25. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 20, 22 oder 24, dadurch gekennzeichnet, daß beim Auftreten einer Änderung eines Prozeßparameters während der Ermittlung der mittleren Rauschamplitude die Ermittlung sofort abgebrochen und neu gestartet wird.

26. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß auf die ermittelten mittlere Rauschamplitude ein Sicherheitszuschlag aufaddiert wird.

27. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß die Filterkonstante zusätzlich vom Ausgangssignal des Pumpgrenzreglers beeinflusst wird.

28. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß die Filterkonstante zusätzlich von der Regeldifferenz des Pumpgrenzreglers beeinflusst wird.

29. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 28, dadurch gekennzeichnet, daß die Änderung bzw. Einstellung der Zeitkonstanten nicht unmittelbar beim Eintreten der entsprechenden Bedingung eintritt, sondern zeitlich verzögert wird.

30. Verfahren nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, daß die Änderung der Zeitkonstanten nicht unmittelbar beim Eintreten der entsprechenden Bedingung eintritt, sondern erst nachdem eine oder mehrere der Einflußgrößen eine Sicherheitsschwelle überschritten haben.

31. Verfahren nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, daß die Regeldifferenz derart gebildet wird, daß die Filterzeitkonstante unwirksam ist.

32. Verfahren nach Anspruch 29 oder 30, dadurch gekennzeichnet, daß die zeitliche Verzögerung bzw. die Sicherheitsschwelle abhängig ist vom Betrag der eingangsseitig festgestellten Abweichung.

33. Verfahren nach Anspruch 32, dadurch gekennzeichnet, daß die zeitliche Verzögerung bzw. die Sicherheitsschwelle abhängig vom Gradienten der Differenz zwischen Filtereingang und -ausgang verstellt wird.

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Filtern je eines mit Rauschen oder Schwankungen behafteten Eingangssignals für einen Regler, insbesondere einen Pumpgrenzregler für Turboverdichter. Bei derartigen Reglern, die von mit "Rauschsignalen" überlagerten Meßgrößen angesteuert werden, ist eine Filterung der Meßgrößen wegen der Zeitverzögerung, die jedes Filter mit sich bringt, äußerst problematisch.

Pumpgrenzregelungen sind allgemein derart aufgebaut, daß aus dem Kompressorndruck oder dem Druckverhältnis der minimal zulässige Durchsatz ermittelt wird und dieser mit dem gemessenen Kompressordurchsatz verglichen wird. Bei zu geringem Durchsatz würde das sogenannte Pumpen auftreten, bei dem stoßweise bzw. periodisch das Fördermedium von der Druckseite zur Saugseite zurückströmt. Die sogenannte Pumpgrenzlinie trennt im Kennfeld eines Kompressors den stabilen vom instabilen Bereich, in welchem ein Pumpen auftreten könnte. Die Pumpgrenzregelung sorgt dafür, daß bei Annäherung des aktuellen Arbeitspunktes an die Pumpgrenzlinie bzw. eine in einem Si-

cherheitsabstand parallel zu dieser verlaufende Abblaselinie ein Abblas- oder Umblasventil am Kompressor ausgang geöffnet wird. Dabei ist die Größe, die sich am schnellsten ändern kann, der Kompressordurchsatz. Die Durchsatzmeßsignale sind aber stets mit einem Rauschsignal oder Schwankungen überlagert, gleichgültig, ob der Durchsatz mittels einer Blende, eines Staurohres, mit Hilfe des Druckverlustes am Kompressoreintritt oder auf eine sonstige Art erfaßt wird.

Dieses Rauschsignal hat seinen Ursprung darin, daß sich an den Durchflußmeßstellen stets Strömungswirbel bilden. Dies hat zur Folge, daß auch bei konstantem Durchsatz das Meßsignal ständigen Schwankungen unterworfen ist, welche nachteilig für die nachfolgenden Verarbeitungsschaltungen, z. B. Regler, Schreiber, Anzeiger, Datalogger, Analysengeräte, usw. sind.

Bei derartigen Verarbeitungsschaltungen stört das Rauschen deshalb erheblich, weil es die Ermittlung des exakten Durchsatzes erschwert, da diese Meßgeräte stets eine "Bandbreite" erfassen. Es ist deshalb allgemein üblich, ein solches Rauschsignal durch Zwischenschaltung von Dämpfungsgliedern oder Filtern herauszufiltern, so daß ein rauschfreies Nutzsignal erzeugt wird.

Der Einsatz derartiger Dämpfungsglieder ist aber in Verbindung mit Pumpgrenzregelungen sehr unvorteilhaft. Jedes Dämpfungsglied bewirkt nämlich eine Verzögerung des Meßsignals, d. h. eine tatsächliche Änderung des Durchflusses wird nur verzögert der nachgeschalteten Verarbeitungsschaltung weitergegeben.

Da Pumpgrenzregelungen aber Sicherheitsregelungen sind, müssen diese so schnell wie möglich reagieren, um einen guten Schutz des Kompressors vor dem Betrieb im instabilen Bereich, d. h. vor dem Pumpen, zu erreichen.

Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art zu schaffen, durch welches ein Ausfiltern des Rauschens aus dem Eingangssignal ermöglicht wird, ohne daß die Übertragung einer Meßsignaländerung in nachteiliger Weise verzögert wird.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß bei einem Verfahren der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß das Eingangssignal für den Regler vor der Zuführung zum Regler einem Filter zugeführt wird, dessen Zeitkonstante in der einen Richtung (ab- bzw. zunehmende) Signalamplitude, insbesondere zur Pumpgrenze hin, klein und in der anderen Richtung (zu- bzw. abnehmende Signalamplitude), insbesondere von der Pumpgrenze weg, groß ist. Dies kann z. B. dadurch erreicht werden, daß im stationären Zustand, d. h. in dem Zustand, wo sich die Meßgröße nur im Rahmen des Rauschpegels ändert, der verwendete Filter eine sehr große Filterzeitkonstante hat. Dadurch wird im stationären Zustand das Rauschen aus dem Meßsignal herausgefiltert. Bewegt sich das System und somit die Meßgröße in den instationären Zustand, d. h. über den normalen Rauschpegel hinaus, so wird die Filterzeitkonstante des Filters so weit reduziert, daß die nachteilige Verzögerungswirkung des Filters nahezu ausgeschlossen wird.

Eine bevorzugte Möglichkeit, dies zu erreichen, ist, daß das Eingangssignal für den Regler vor der Zuführung zum Regler gefiltert wird, daß das gefilterte Signal mit dem ungefilterten Signal verglichen wird, und daß die Zeitkonstante des Filters in Abhängigkeit von der Größe und dem Vorzeichen der Differenz zwischen gefiltertem und ungefiltertem Signal eingestellt wird.

Dabei kann die Zeitkonstante beim einseitigen Überschreiten einer Schaltschwelle in einer Grenzwertstufe

auf einen fest vorgewählten Wert reduziert werden und unmittelbar nach dem Wiederunterschreiten wieder auf die ursprüngliche Zeitkonstante eingestellt werden.

Eine alternative Durchführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, daß die Zeitkonstante nur in eine der Richtungen der Signaländerung, insbesondere von der Pumpgrenze weg, wirksam ist, und in der anderen Richtung keine Verzögerung wirksam ist.

Dabei kann das Eingangssignal für den Regler einem Filter zugeführt werden, dessen Ausgangssignal den minimalen bzw. maximalen Augenblickswert des Eingangssignals repräsentiert, wobei eine gemittelte Rauschamplitude im Eingangssignal ermittelt wird und zu dem Ausgangssignal des Filters hinzuaddiert bzw. davon abgezogen wird.

Die Ermittlung der mittleren Rauschamplitude kann auf unterschiedliche Weise durchgeführt werden, z. B. durch eine Rechenschaltung oder durch ein Filterwerk, das das Eingangssignal filtert, das gefilterte mit dem ungefilterten Signal vergleicht und aus der Differenz die mittlere Rauschamplitude ermittelt. Die mittlere Rauschamplitude kann auch durch zwei asymmetrische Filter ermittelt werden, die in unterschiedlichen Richtungen unterschiedliche Zeitkonstanten haben. Dies wird vorzugsweise dadurch erreicht, daß ein Filter steigende Signale verzögert, sinkende unverzögert durchläßt, so daß sein Ausgang stets in der Nähe des minimalen Spitzenwertes liegt, während der andere Filter steigende Signale unverzögert und sinkende Signale verzögert passieren läßt, so daß sein Ausgang stets in der Nähe des maximalen Spitzenwertes liegt, und daß aus der Differenz dieser beiden Werte die doppelte mittlere Rauschamplitude ermittelt wird. Dabei kann die Zeitkonstante der asymmetrischen Filter auch variabel gestaltet sein.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, wann die mittlere Rauschamplitude ermittelt wird. Sie kann z. B. einmal bei Inbetriebnahme des Reglers ermittelt und dann fest eingestellt werden, oder periodisch wiederkehrend ermittelt werden. Ferner kann sie auch kontinuierlich ermittelt werden oder jedesmal bei Änderung eines Prozeßparameters.

Für beide Alternativen des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es von Vorteil, wenn die Filterzeitkonstante zusätzlich vom Ausgangssignal oder der Regeldifferenz des Pumpgrenzreglers beeinflusst wird. Diese Regeldifferenz wird vorzugsweise so ermittelt, daß die Filterzeitkonstante unwirksam ist.

Durch das erfindungsgemäße Filterverfahren wird erreicht, daß bei Änderung der Meßgröße, d. h. beim Übergang in den instationären Zustand, die Zeitkonstante so klein gemacht wird, daß das Regelsystem ohne Zeitverluste nachregeln kann, und zwar bevorzugt bei Änderung in eine gefährdete Richtung, während andererseits im stationären Zustand eine gute Filterung des Meßsignals, und damit ein rauschfreies Meßsignal erzielt werden kann.

Weitere Vorteile und Merkmale ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Im folgenden wird die Erfindung anhand der Figuren unter Bezugnahme auf Ausführungsbeispiele genauer beschrieben. Es zeigt:

Fig. 1 eine schematische Schaltung zur Durchführung eines ersten erfindungsgemäßen Filterverfahrens;

Fig. 2 eine Schaltungsanordnung zur Durchführung eines modifizierten Filterverfahrens;

Fig. 3 eine Schaltungsanordnung zur Durchführung eines Filterverfahrens ähnlich dem von Fig. 2;

Fig. 4 eine Schaltungsanordnung zur Durchführung eines alternativen Filterverfahrens;

Fig. 5 eine Schaltung zur Ermittlung der mittleren Rauschamplitude eines Eingangssignals; und

Fig. 6 eine weitere Schaltung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

In Fig. 1 wird ein Eingangssignal X_1 , welches ein rauschbehaftetes Meßsignal darstellt, einer Filterschaltung 1 mit der variablen Filterzeitkonstanten T_F zugeführt. Das aktuelle Meßsignal X_1 setzt sich zusammen aus der exakten Meßgröße X_M und einem Rauschsignal X_R , welches der exakten Meßgröße überlagert ist.

Das aktuelle Meßsignal wird durch die Filterschaltung 1 mit der entsprechenden Filterzeitkonstante gefiltert und dadurch geglättet. Dieses geglättete Signal X_2 wird dann zu einem (nicht gezeigten) Regler weitergeleitet, der das geglättete Signal als eines seiner Steuersignale verwendet.

Andererseits wird das aktuelle Meßsignal X_1 vor der Filterung von der Eingangsleitung abgezweigt und einem Komparator 10 zugeführt, der dieses aktuelle Meßsignal mit dem gefilterten bzw. geglätteten Signal X_2 vergleicht.

Solange sich das System im stationären Betriebszustand befindet, wird der Unterschied zwischen den Signalen X_1 und X_2 maximal so groß sein, wie die maximale Amplitude des Rauschens. Daher kann ein stationärer Betriebszustand immer dann angenommen werden, wenn die Differenz zwischen den Signalen X_2 und X_1 , also das Ausgangssignal aus dem Komparator 10, kleiner als die Rauschamplitude X_R ist.

Das Ausgangssignal des Komparators 10 wird einer Grenzwertstufe 2 zugeführt. Diese Grenzwertstufe 2 ist so ausgestaltet, daß sie zumindest beim einseitigen Überschreiten der Schaltschwelle X_F der Grenzwertstufe 2 die Filterzeitkonstante T_F der Filterschaltung 1 auf einen fest vorgewählten Wert reduziert. Dies kann gegebenenfalls auch der Wert Null sein, so daß die Filterschaltung 1 ohne nennenswerte Verzögerung auf Schwankungen im Eingangssignal reagieren kann und den Regler ohne Zeitverlust ansteuern kann.

Dadurch ist gewährleistet, daß die Änderung des Eingangssignales im — in diesem Falle vorliegenden — instationären Betriebszustand ohne größere Verzögerung übertragen wird.

Beim Zurückkehren des Systems in den stationären Betriebszustand, d. h. beim Unterschreiten der Schaltschwelle X_F der Grenzwertstufe 2 wird die Zeitkonstante T_F der Filterschaltung 1 unmittelbar wieder auf den ursprünglichen Wert eingestellt.

Fig. 2 zeigt eine alternative Schaltung, bei welcher der Komparator nicht mit einer Grenzwertstufe 2 verbunden ist, sondern direkt mit der Filterschaltung 1. Dadurch wird die Filterzeitkonstante T_F direkt vom Ausgangswert des Komparators 10, d. h. der Abweichung des gefilterten Signals vom echten Meßsignal, gesteuert. Das heißt, je größer die Abweichung des aktuellen Signales X_1 vom unmittelbar vorhergehenden geglätteten Signal X_2 wird, desto kleiner wird die Zeitkonstante gemacht, und desto schneller kann die Filterschaltung 1 reagieren.

In Fig. 3 wird eine weitere Alternative gezeigt. Hier wird das Ausgangssignal des Komparators 10 nicht der Filterschaltung 1 direkt zugeführt, sondern über eine Funktionseinheit 3, deren Ausgangssignal die Zeitkonstante T_F verändert und nicht-linear vom Ausgangswert des Komparators 10 abhängt. Dadurch kann z. B. erreicht werden, daß die Reduktion der Filterzeitkonstante

ten nur in einer Richtung (z. B. zu kleineren Meßwerten X_M wirksam wird. Die Schaltungen gemäß Fig. 1 und 3 können natürlich auch kombiniert werden, so daß eine Zeitkonstantenanpassung gemäß Fig. 1 nur im instationären Zustand durchgeführt wird, aber gemäß der Schaltung von Fig. 3 für unterschiedliche Signaländerungsrichtungen mit unterschiedlichen Parametern für die Abhängigkeit von der Differenz zwischen gefiltertem und ungefiltertem Signal aus dem Komparator 10.

Eine derartige Schaltung ist in den Figuren nicht dargestellt, aber für den Fachmann ohne weiteres vorstellbar.

Auch wenn die Wahl der Zeitkonstanten und der Abhängigkeit der Zeitkonstanten von den Signaländerungen frei gewählt werden kann, so ist es doch selbstverständlich, daß die Filterschaltung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens vorzugsweise in Richtung auf gefährdete Signalbereiche, d. h. z. B. bei einer Pumpgrenzregelung in Richtung auf die Pumpgrenze hin, schneller bzw. empfindlicher ausgelegt wird. In die ungefährdete Signaländerungsrichtung kann die Schaltung zur Durchführung des Verfahrens relativ träge bzw. unempfindlich gestaltet werden.

Fig. 4 zeigt eine alternative Schaltung zum Durchführen eines Filterverfahrens.

Die Schaltung von Fig. 4 zeigt eine Filterschaltung 21, deren Filterzeitkonstante T_F so gewählt ist, daß sie nur in eine Richtung wirksam ist, z. B. nur in Richtung sinkender Meßsignale X_1 bzw. X_M . Dies bedeutet, daß das Ausgangssignal X_2 des Filters 21 sich stets oder zumindest mit hoher Geschwindigkeit auf die Nähe des kleinsten Augenblickswertes des Eingangssignales X_1 einstellt.

In die andere Richtung der Signaländerungen kann die Zeitkonstante des Filters 21 relativ groß gewählt werden, so daß das Ausgangssignal X_2 in dieser Richtung relativ langsam abklingt. Hierdurch wird erreicht, daß das Ausgangssignal des Filters 21 zur empfindlichen, d. h. bevorzugterweise zur gefährdeten Seite hin, stets unverzögert folgt, während es in der entgegengesetzten, d. h. ungefährdeten Signaländerungsrichtung verzögert bzw. träge folgt.

Da sich das Ausgangssignal X_2 des Filters 21 aber immer auf einen Extremwert des Eingangssignals X_1 einstellt, liegt dieser aktuelle Wert um die mittlere Rauschamplitude des Eingangssignals X_1 verschoben. Um ein korrektes gefiltertes Meßsignal zu erhalten, ist es deshalb nötig, zu dem Ausgangssignal X_2 das mittlere Rauschsignal X_R hinzuzuaddieren bzw. dieses davon abzuziehen. Hierzu dient eine weitere Meßschaltung 4, die aus dem Eingangssignal X_1 die mittlere Rauschamplitude ermittelt. Diese Schaltung 4 kann z. B. eine Filterschaltung gemäß Fig. 1 bis 3 sein, in welcher der Komparator 10 die Größe $X_2 - X_1$ ermittelt und diese als Rauschamplitude an den Addierer 22 liefert. Das Ausgangssignal des Addierers 22 dient dann als Steuerungssignal für den Regler (nicht gezeigt).

Eine weitere Alternative für die Meßschaltung 4 ist in Fig. 5 gezeigt.

Die Schaltung zur Ermittlung der mittleren Rauschamplitude von Fig. 5 zeigt zwei asymmetrische Filter 5, 6. Der Filter 5 bzw. Filter 6 sind Filter, die in einer Richtung eine große Zeitkonstante, in der anderen jedoch eine kleine Zeitkonstante haben. Filter 5 z. B. läßt steigende Signale verzögert, sinkende jedoch unverzögert hindurch. Dies bedeutet, daß das Ausgangssignal des Filters 5, ähnlich wie der Ausgang des Filters 21 von Fig. 4, immer auf den minimalen Spitzenwert X'_2 des

Eingangssignals X_1 liegt.

Der Filter 6 hingegen ist entgegengesetzt asymmetrisch, d. h. läßt steigende Signale unverzögert und fallende Signale mit Verzögerung passieren. Dies bedeutet, daß der Ausgang des Filters 6 stets in der Nähe des maximalen Spitzenwertes X''_2 des Eingangssignales X_1 liegt. Durch Differenzbildung zwischen den Extremwerten X'_2 und X''_2 läßt sich die doppelte mittlere Rauschamplitude ermitteln. Diese kann dann nach Halbierung im Addierer 22 gemäß Fig. 4 zum minimalen Spitzenwert addiert werden, um so das aktuelle gefilterte Signal bilden.

Eine weitere, in den Figuren nicht gezeigte Möglichkeit zur Ermittlung der mittleren Rauschamplitude wäre die Verwendung einer Rechnerschaltung, die innerhalb eines fest vorgegebenen Zeitraumes die maximalen bzw. minimalen Spitzenwerte des ungefilterten Eingangssignales mißt und speichert. Aus dem höchsten Maximalwert und dem kleinsten Minimalwert innerhalb dieses Zeitraumes wird die Differenz gebildet und diese halbiert. Dies ergibt die mittlere Rauschamplitude, die dem Addierer 22 zugeführt wird.

In gleicher Weise können natürlich auch die im Meßzeitraum erfaßten maximalen bzw. minimalen Spitzenwerte jeweils gemittelt werden und aus diesem Mittelwert die Differenz gebildet werden, um die doppelte Rauschamplitude zu erhalten.

Es gibt grundsätzlich mehrere Möglichkeiten, wann die mittlere Rauschamplitude ermittelt wird.

Eine der Möglichkeiten wäre, daß diese Größe bei Inbetriebnahme des Reglersystems zu Beginn einmal ermittelt wird und dann fest auf den ermittelten Wert eingestellt wird.

Eine weitere Möglichkeit, speziell z. B. für die Schaltung gemäß Fig. 5 wäre eine kontinuierliche Ermittlung der mittleren Rauschamplitude.

Außerdem kann diese Korrekturgröße mit irgendeinem der oben erwähnten Verfahren periodisch wiederkehrend ermittelt werden.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, daß eine Neuermittlung der mittleren Rauschamplitude jedesmal dann durchgeführt wird, wenn sich einer der Prozeßparameter ändert, z. B. bei Änderung von Durchsatz, Druck, Regeldifferenz des Pumpreglers, Drehzahl, Leitschaukelstellung, Leistung, Reglerausgang irgendeines beteiligten Reglers, usw.

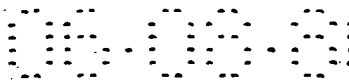
Wenn während der Ermittlung der mittleren Rauschamplitude sich einer der Prozeßparameter ändert, kann die Ermittlung der Rauschamplitude gestoppt werden und sofort darauf wieder neu gestartet werden.

Fig. 6 stellt eine weitere Ausgestaltung der zuvor erwähnten Anordnungen dar. In der technischen Beschreibung wird mehrfach erwähnt, daß die Filterzeitkonstante abhängig von der Regeldifferenz variiert wird. Die Regeldifferenz wird jedoch üblicherweise als Differenz zwischen Sollwert und Istwert gebildet. Da jedoch das Filter in den Istwertzweig eingefügt ist, wird auch die Regeldifferenz durch das Filter beeinflusst.

Fig. 6 zeigt eine andere Variante. Hier werden zwei Regeldifferenzen gebildet. Für die Regeldifferenz, die dem Regler zugeführt wird, wird als Differenz zwischen Sollwert und gefiltertem Istwert gebildet. Die Regeldifferenz zur Beeinflussung der Filterparameter wird jedoch als Differenz zwischen Sollwert und ungefiltertem Istwert gebildet.

Das in Fig. 6 dargestellte adaptive Filter kann irgendeines der sonstigen Darstellungen sein.

3620614



Nummer:
Int. Cl.4:
Anmeldetag:
Offenlegungstag:

36 20 614
H 04 B 15/00
20. Juni 1986
23. Dezember 1987

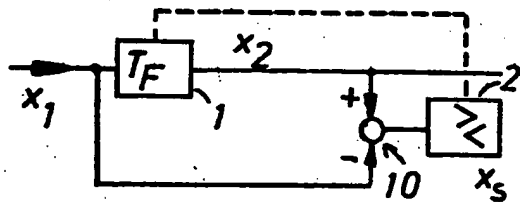


FIG. 1

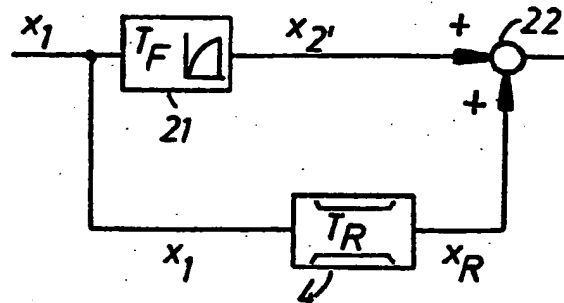


FIG. 4

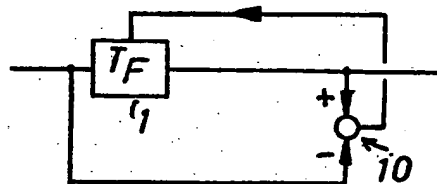


FIG. 2

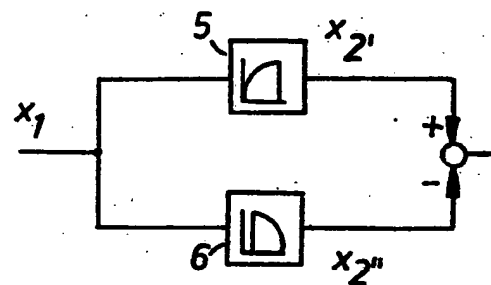


FIG. 5

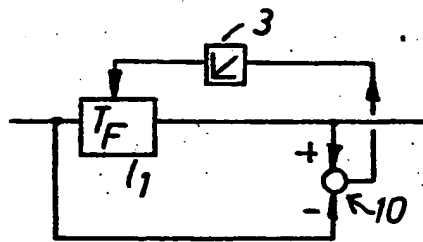


FIG. 3

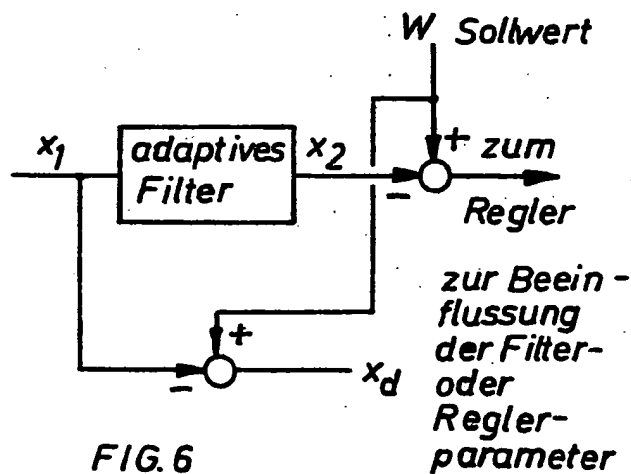


FIG. 6